云 南 植 物 研 究 1994; **16** (3): 285—290
Acta Botanica Yunnanica

硝态氮和铵态氮对墨兰生长发育的影响*

潘瑞炽　陈俊贤
(华南师范大学国兰研究中心，广州 510631)

摘要 以无土栽培的方法研究不同氮水平的硝态氮和铵态氮对墨兰[*Cymbidium sinense* (Andr.) Willd.]生长发育和某些生理特性的影响。1mmol／L 和 10mmol／L 的硝态氮和铵态氮处理都促进叶芽和叶片正常生长，前者似乎比后者好一些。50mmol／L 的两种形态的氮均使叶片生长缓慢，尤其是铵态氮。1 和 10mmol／L 硝态氮处理则正常开花，而 50mmol／L 则例外。铵态氮处理各种浓度均不形成花芽。建议墨兰营养生长期施用 1mmol／L 的硝态氮或铵态氮，但生长后期则应施 1—10mmol／L 硝态氮，以利花芽分化。作者认为，墨兰生长缓慢与光合速率极慢和硝酸还原酶活性极低有关，墨兰开花与否和 E／N 比大小有关。

关键词 墨兰, 硝态氮, 铵态氮, 生长, 开花

EFFECTS OF NITRATE–NITROGEN AND AMMONIUM–NITROGEN ON GROWTH AND DEVELOPMENT IN CYMBIDIUM SINENSE

PNA Rui–Chi, CHEN Jun–Xian
(*Research Center for Chinese Orchids, South China Normal University,* Guangzhou 510631)

Abstract This paper examines the effects of NO_3^-–N and NH_4^+–N at concentration ranging from 1 to 10mmol／L on growth and development of *Cymbidium sinense* (Andr.) Willd. grown in soilless medium. NO_3^-–N and NH_4^+–N at 1 mmol／L enhanced leaf growth at similar rate, but 50 mmol／L NH_4^+–N sharply reduced the leaf growth rate. Flower buds and flowers could be formed normally by plant treated with NO_3^-–N at 1 and 10 mmol／L except 50 mmol／L. However, there was without folwer bud in all NH_4^+–N treatments. We suggested that NO_3^-–N or NH_4^+–N at low concentration should be applied in vegetative stage, and only NO_3^-–N at 1–10mmol／L is favorable for the differentiation of flower bud during reproductive stage. It is considered that the slow growth of *C. sinense* may be caused by its lower photosynthetic rate and nitrate reductase activity, and the flowering of this plant is perhaps determined by C／N ratio.

Key words *Cymbidium sinense,* Nitrate–nitrogen, Ammonium–nitrogen, Growth, Flowering

Poole 等[1]和 Hew[2]曾对兰花矿质营养作了综述，但主要介绍洋兰的工作。缺氮会引起香果兰(*Vanilla fragrans*)叶片暗绿，鲜重、干重、叶面积和茎粗都下降[3]。在恒定 pH 值条件下，NH_4^+–N

* 广东省科委重点科技研究项目
1993—06—16 收稿，1993—07—28 修回

能使蕙兰生长较好，卡德利亚兰次之，对万带兰则不如 NO_3^--N[4]。NH_4^+ 盐对卡德利亚兰生长比 NO_3^- 盐好[5]。离体培养石斛兰幼苗，它吸收 NH_4^+ 快过 NO_3^-[6]。然而，铵盐过多，易使叶片缺绿，伤害细胞。有报道，NO_3^--N 对 Arnad（万带兰与蜘蛛兰的人工属间杂交种）愈伤组织生长较安全[7]。至于对氮的需要量，不同属的兰花要求不同。蝴蝶兰和蕙兰的最适氮水平是 100mg／L，而卡德利亚兰则是 50mg／L[8]。

兰花是我国十大名花之一[9]，对中国兰的研究仅限于品种资源，分类和栽培方面[10, 11]。墨兰[*Cymbidium sinense* (Andr.) Willd.]是我国南方最常栽培种之一，于春节前后开花。一枝在屋，满室飘香，深受人们喜爱。近年，对墨兰的光合[12, 13]和水分生理[14]开始做了一些研究，但对墨兰的矿质营养问题，国内外至今尚未见报道。本文是墨兰矿质营养系列研究之一，研究不同氮水平的硝态氮和铵态氮对墨兰生长发育的某些生理的影响，探索适合墨兰生长发育的氮形态和氮水平，为墨兰栽培施用氮肥提供理论依据。

材料和方法

1.材料的培养

选取生长均匀、健壮无病虫害的植株，保留二年生和一年生的叶片，种在培养缸内，缸底垫以1层粗砂，用蛭石作培养基质，营养液配方如表1，进行无土栽培。每周补充1次营养液，每月用清水清洗基质1次，以防绿藻滋生，干扰培养液成分。盆栽墨兰在遮光的兰棚内生长，光照强度为全光照的 20%[12]，自然温度，相对湿度保持在 80%—95%之间。

表1 墨兰无土栽培的培养液配方

Table 1 Mineral composition of culture solution for *C. sinense*

成分 Chemical	用量 mg／L	成分 Chemical	用量 mg／L
KNO_3	475	$MnSo_4 \cdot 4H_2O$	2.2
KH_4NO_3	412.5	$ZnSo_4 \cdot 7H_2O$	0.8
KH_2PO_4	35	H_3BO_3	0.6
$MgSO_4$	185	$NaMoO_4 \cdot 2H_2O$	0.025
$CaCl_2$	85	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.0025
Na_2-EDTA	37.5	H_2O	1000mL
$FeSO_4$	28.8	pH＝6.0	

待植株生长稳定后，转入缺氮培养。用 KCl 取代 KNO_3 和 NH_4NO_3。当二年生叶片出现顶枯时，说明植株体内缺氮[8]。然后将材料分为6组，每组10株，分别施入含 NO_3^--N（以 KNO_3 作为氮源）或 NH_4^+-N[以$(NH_4)_2SO_4$作为氮源]的营养液，浓度不同。处理共6种：

NO_3^- 处理：1mmol／L, 10mmol／L 和 50mmol／L.

NH_4^+ 处理：1mmol／L, 10mmol／L 和 50mmol／L.

进行正常管理。试验期间是3月上旬至翌年1月。

2.测定方法

叶芽和叶片（一年生，下同）的生长速率用比初始增长百分比表示。光合速率测定见前文[12]，叶绿素含量用 Arnon[15]和 Inskeep 等[16]的方法测定。硝酸还原酶活性用活体测定法[17]测定。总氮量用微量凯氏定氮法测定。可溶性糖含量用蒽酮法测定。淀粉含量用 Somogyi 法测定。

结 果

1.叶芽和叶片的生长

从表 2 可见，处理后 1 个月，1mmol／L 的 NO_3^--N 处理或 NH_4^+-N 处理的叶芽生长速率差异不显著；处理后两个月，NO_3^--N 处理比 NH_4^+-N 处理快，低浓度差异不显著，中等浓度显著，高浓度极显著。从不同氮水平来看，浓度增加时，NH_4^+-N 处理叶芽生长速率下降，特别是 50mmol／L 水平，而 NO_3^--N 处理则相对平稳一些。

表 2 NO_3^--N 和 NH_4^+-N 对墨兰叶芽和叶片生长速率（比初始增长%）的影响（处理后 15—22 周）

Table 2 Effects of NO_3^--N and NH_4^+-N on the growth rate (% of initial) of leaf bud and leaf in *Cymbidium sinense* (15-22 weeks after treatment)

处理 Treatment		叶芽生长速率 Growth rate of leaf bud		叶片生长速率 Growth rate of leaf		
		处理后 1 个月 One month after treatment	处理后 2 个月 Two months after treatment	第一叶① lst leaf	第二叶 2nd leaf	第三叶 3rd leaf
1mmol／L	NO_3^--N	65.40±2.46②	160.33±4.29	12.57±5.35	18.39±4.89	23.40±5.37
	NH_4^+-N	67.80±1.92	149.89±5.58	11.10±4.65	16.51±2.25	21.12±2.64
10mmol／L	NO_3^--N	70.40±1.63*	152.78±3.42*	12.98±5.02	19.95±3.55*	21.88±5.23
	NH_4^+-N	64.60±1.33	144.71±4.74	11.48±3.74	16.44±3.76	21.03±4.04
50mmol／L	NO_3^--N	59.20±1.87**	137.54±4.13**	10.46±4.60*	14.82±4.32**	19.57±3.77**
	NH_4^+-N	44.30±3.58	88.50±4.41	8.25±3.06	9.52±3.40	10.41±3.01

①叶片从外往内数 Leaf number counted from outside to inside

②数字是 8 株的平均值 Values given are the means of 8 plants

③ *、** 分别是 5%和 1%显著水平 *、** significant at 5% and 1% levels respectively

NO_3^--N 和 NH_4^+-N 处理叶片生长速率的影响也是前者快过后者，也是 1mmol／L 浓度差异不大，10mmol／L 开始有差异，50mmol／L 的差异就显著。无论哪一片叶子，都是 NO_3^--N 处理的生长快过 NH_4^+-N 处理。不管哪一种形态的氮，1mmol／L 和 10mmol／L 的氮水平，对叶片生长影响差异不显著，但到 50mmol／L 时，NH_4^+-N 处理的叶片生长显著减慢，而 NO_3^--N 处理叶片生长速率下降相对缓和一些。

2.植株形态和开花

处理后 4 个月，生长在低浓度（1mmol／L）和中等浓度（10mmol／L）NH_4^+-N 中的植株，正常，外形差不太大；生长在高浓度（50mmol／L）NH_4^+-N 中的植株显得矮小，叶片外表无光泽，叶脉轻度凸出，二年生叶片扭曲，叶片含水量降至 78%，这个数值接近轻度萎蔫范围（未发表资料）。处理后 5 个月，50mmol／L NO_3^--N 处理生长正常，而 50 mmol／L NH_4^+-N 处理呈现毒害现象，首先是二年生叶片发黄枯死，然后一年生叶尖干枯。

生长在 NO_3^--N 处理中的植株，低浓度的叶片柔软，中等浓度的叶片挺拔，两个氮水平的植株都未发现病害；高浓度处理的叶片炭疽病发病率高达 30%。看来，50 mmol／L NO_3^--N 对墨兰生长是不利的。

在春节前，1mmol／L 和 10mmol／L 的 NO_3^--N 处理都形成花芽，开花。前者开花早，花梗细小，花 7—8 朵／序；后者开花迟 1 周，花梗粗，花 9—11 朵／序；但是 50mmol／L NO_3^--N 处理只形成叶芽，不形成花芽。在 NH_4^+-N 处理中，1 和 10mmol／L 两种植株只形成叶芽；50mmol／L 植株连叶芽也不形成。

表3 NO_3^--N 和 NH_4^+-N 对墨兰叶片（第二叶）光合速率和叶绿素含量的影响

Table 3 Effects of NO_3^--N and NH_4^+-N on the photosynthetic rate and chlorophyll content of *C. sinense* leaves (2nd leaf)

处理 Treatment		光合速率 Photosynthetic rate $\mu molCO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$			叶绿素含量 Chlorophyll content $mg.g^{-1}$ FW		
		处理后4个月 Four months after treatment	处理后5个月 Five months after treatment	处理后6个月 Six months after treatment	处理后4个月 Four months after treatment	处理后5个月 Five months after treatment	处理后6个月 Six months after treatment
1mmol／L	NO_3^--N	1.69±0.47	2.35±0.15	2.19±0.17	0.93±0.08	1.12±0.04	1.09±0.01
	NH_4^+-N	1.54±0.23	2.12±0.08	2.42±0.20	1.02±0.02	1.11±0.01	1.25±0.03
10mmol／L	NO_3^--N	1.64±0.05**	2.57±0.09**	2.63±0.14*	1.11±0.07	1.29±0.01	1.36±0.02
	NH_4^+-N	1.32±0.07	2.04±0.11	2.20±0.51	1.27±0.01	1.43±0.09*	1.54±0.03
50mmol／L	NO_3^--N	1.32±0.06*	2.02±0.12**	2.08±0.38**	1.25±0.01	1.33±0.02	1.44±0.05
	NH_4^+-N	0.37±0.41	0.61±0.07	0.19±0.05	1.37±0.02*	1.58±0.03**	1.62±0.01*

①各数值是3个重复的平均值 Each data indicates the average of 3 replications

②*、**同表2 See Table 2

表4 NO_3^--N 和 NH_4^+-N 对墨兰各器官硝酸还原酶活性和总氮量的影响

Table 4 Effects of NO_3^--N and NH_4^+-N on the nitrate reductase activity and total nitrogen content in *C. sinense* organs

处理 Treatment		硝酸还原酶活性① NR activity ($\mu molNO_2 \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$FW)			总氮量③ Total nitrogen content % DW		
		假球茎 Pseudocorm	根 Root	叶② Leaf	假球茎 Pseudocorm	根 Root	叶④ Leaf
1mmol／L	NO_3^--N	0.84±0.03	0.61±0.07	0.52±0.03	1.37	1.30	1.10
	NH_4^+-N	0.75±0.05	0.65±0.09	0.42±0.01	1.48	1.38	1.21
10mmol／L	NO_3^--N	3.00±0.07**	1.98±0.05**	1.34±0.05**	1.75	1.45	1.41
	NH_4^+-N	2.26±0.14	1.35±0.09	0.89±0.06	2.27**	3.16**	1.72**
50mmol／L	NO_3^--N	2.76±0.08**	1.27±0.06**	0.82±0.10	1.74	1.55	1.53
	NH_4^+-N	0.97±0.12	0.10±0.06	trace	3.50**	4.25**	2.37**

①处理后5个月 Five months after treatment　②第一叶 First leaf
③处理后6个月 Six months after treatment　④第二叶 Second leaf
硝酸还原酶重复3次，总氮量重复2次　*、**同表2 see Table 2
Replications of NR = 3, of total N content = 2

3.光合速率和叶绿素含量

一般来说，NO_3^--N 处理的光合速率大于 NH_4^+-N 处理的。随着氮水平增高，NH_4^+-N 处理的光合速率下降，尤其是 50mmol／L 水平；NO_3^--N 处理相对稳定些（表3)。

至于叶绿素含量，NH_4^+-N 处理较 NO_3^--N 处理多；两种形态氮处理的叶绿素含量，都是随氮水平提高而增加。墨兰叶绿素含量与光合速率不存在正相关。这点与另一报道[12]是一致的。

4.硝酸还原酶活性和总氮量

从表4可知，各器官的 NO_3^--N 处理的硝酸还原酶活性都大过 NH_4^+-N 处理，因为 NO_3^--N 为该酶的作用底物。假球茎[18]的硝酸还原酶活性最大，根次之，叶片最低。这意味着墨兰对硝酸盐的还原作用主要在假球茎内进行。

NH_4^+-N 处理的各器官总氮量大于 NO_3^--N 处理的，尤其是 10 和 50mmol／L 两处理。这说明墨兰

吸收 NH_4^+ 的速度超过吸收 NO_3^-。

5.可溶性糖含量和淀粉含量

表 5 说明，墨兰各器官的可溶性糖含量是不同的，假球茎＞根＞叶片。NO_3^--N 处理的可溶性糖含量有比 NH_4^+-N 处理高的趋势。积累淀粉最多的器官也是假球茎，根和叶片少得多。无论哪一个器官，NO_3^--N 处理的淀粉含量都大过 NH_4^+-N 处理的。总的来看，NO_3^--N 处理的碳水化合物含量大过 NH_4^+ 处理的，总氮量则相反。

表 5 NO_3^--N 和 NH_4^+-N 对墨兰各器官可溶性糖和淀粉含量（$mg \cdot g^{-1}DW$）的影响

Table 5 Effects of NO_3^--N and NH_4^+-N on soluble sugar and starch content（$mg \cdot g^{-1}DW$）in *C. sinense* organs

处理 Treatment		假球茎 Pseudocorm		根 Root		叶 Leaf	
		可溶性糖 Soluble sugar	淀粉 Starch	可溶性糖 Soluble sugar	淀粉 Starch	可溶性糖 Soluble sugar	淀粉 Starch
1mmol／L	NO_3^--N	92.0	116.3	89.0	89.3	33.3	87.5
	NH_4^+-N	63.0	106.8	83.1	81.9	25.0	80.2
10mmol／L	NO_3^--N	107.1	162.0	82.5	100.8	32.0	81.7
	NH_4^+-N	76.2	123.1	58.5	84.0	32.0	77.3
50mmol／L	NO_3^--N	103.5	131.7	54.1	79.5	28.2	76.6
	NH_4^+-N	51.1 、	105.0	17.0	70.2	24.3	65.5

数值是 3 个重复的平均值 Values given are the means of 3 replications

讨　论

从上述结果可知，低浓度和中等浓度的 NO_3^--N 或 NH_4^+-N 对墨兰叶芽和叶片生和都有促进作用，相差不大，中等浓度的 NO_3^--N 稍为好一些；但到高浓度（50mmol／L）时，两种形态氮处理的生长都受抑制，尤其是 NH_4^+-N 处理。NH_4^+-N 抑制生长的原因，可能与下列两方面有关：第一、NH_4^+-N 是光合磷酸化的解偶联剂[19]，阻止光合磷酸化进行，光合作用下降。第二、由于 NH_4^+-N 与 K^+对抗，NH_4^+-N 过多，引起 K^+缺乏，叶片缺绿，影响光合作用[5]，所以生长受抑制。

墨兰在正常情况下生长十分缓慢，原因是多方面的。联系本文也可见：第一、光合速率很低，只有 1.5—2.8$\mu mol \cdot CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$，约是 C_3 植物大豆的 10%—20%[20]。墨兰光合作用的光饱和点只有夏季中午光强的 10%—15%[12]。第二、它的硝酸还原酶活性也很低，只有 0.6—3.0$\mu molNO_2 \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}FW$，是 C_3 植物向日葵的 10%—30%[21]。这也与墨兰阴生习性有关，因为弱光能降低硝酸还原酶的活性[21]。光合速率和硝酸还原酶活性都降低，就削弱碳水化合物的合成和氮的代谢，生长自然缓慢。

铵盐处理不能形成花芽，而硝盐处理能形成花芽（高浓度例外），可能与 C／N 比有关。从表 4 和表 5 可见，铵盐处理的碳水化合物含量普遍低于硝酸盐处理，但其总氮量却高于硝酸盐处理的。因此，NH_4^+-N 处理的 C／N 比小，NO_3^--N 处理的 C／N 比大[22]。就拿 NO_3^--N 来说，高浓度也不形成花芽，也似乎与 C／N 比较小有关。

综合上述分析，我们认为，墨兰营养生长前中期施用 1mmol／L 的硝酸盐或铵盐肥料都可促进叶芽和叶片生长；在营养生长转为生殖生长之前，宜施用 10mmol／L 左右的硝酸盐肥料，有利花芽分化。

参 考 文 献

〔1〕Poole H A, Sheehan T J. Mineral nutrition of orchids. In: Arditti J ed. Orchid Biology, reviews and perspectives II. Ithaca: Cornell University Press, 1982. 195—212.

〔2〕Hew C S. Mineral nutrition of tropical orchids. *Malayan Orchid Rev*, 1990, **24:** 70—76

〔3〕Cibes H R, Cernuda C, Loustalot A J. Vanilla physiological studies. *Puerto Rico (May-aguez) Fed Expt Sta Rpt*, 1949, 22—23.

〔4〕Curtis J T, Spoerl E. Studies on the nitrogen nutrition of orchid embroys. II. comparative utilization of nitrate and ammonium nitrogen. *Amer Orchid Soc Bull*, 1948, **17:** 111—114.

〔5〕Poole H A. Effects of nutrition and media on growth and chemical composition of mericloned plants of Cattleya. M.S. thesis, Univ of Florida, Gainesville, 1971.

〔6〕Hew C S, Lim L Y. Mineral uptake by orchid plantlets grown on an agar culture medium. *Soilless Culture*, 1989, **5**(1): 23—34.

〔7〕Lee Y K, Hew C S. Loh C S. Uptake of ammonium and nitrate in callus tissue culture of orchid Aranda Nooran Alsagoff. *Singapore J Pri Ind*, 1987, **15**(1): 37—41.

〔8〕Poole H A, Seeley J G. Nitrogen, potassium and magnesium nutrition of three orchid genera. *J Amer Soc Hort Sci* 1978, **103:** 485—488.

〔9〕陈俊愉等编著. 中国十大名花. 上海：上海文化出版社，1989, 76—92.

〔10〕吴应祥. 中国兰花. 北京：中国林业出版社，1991.

〔11〕吴应祥、陈心启. 国产兰属分类研究. 植物分类学报, 1980, **18**（3）：292—307.

〔12〕叶庆生，潘瑞炽，丘才新. 墨兰叶片结构及光合作用的研究. 植物学报, 1992, **34**（10）：771—776.

〔13〕叶庆生，潘瑞炽，丘才新. 不同叶龄墨兰叶片光合和呼吸的变化. 华南师范大学学报（自然科学版）, 1992, 生物学专刊, 1—5.

〔14〕Zheng X N, Wen Z Q, Pan R C *et al*. Response of *Cymbidium sinense* to drought stress. *J Horticultural Sci*, 1992, **67**(3): 259—299.

〔15〕Arnon D T. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Poly-phenoloxidase in Beta vulgaris. *Plant Physiol*, 1949, **24**(1): 1—15.

〔16〕Inskeep W P, Bloom P R. Extincyion coefficients of chlorophyll a and b in N, N-dimethylformamide and 80% acetone. *Plant Physiol*, 1985, **77:** 481—485.

〔17〕Subnaish CC, Balasimba D. Nitrate reductase activity during ontogeny of the fruit of cahew. *Aust J Physiol* 1983; **10:** 9—14.

〔18〕潘瑞炽. 关于兰属“假鳞茎”一词之我见. 中国兰花, 1992, **2**：22—23.

〔19〕Orebamjo T O, Stewart G R. Ammonium inactivation of nitrate reductase in *Lemna minor* L. *Planta*, 1975, **122:** 37—44.

〔20〕Radmer R, Kok B. Photosynthesis: limited yields. unlimited dreams. *Bio Sci*, 1977, **27:** 599—605.

〔21〕Udayakumar M, Devendra R, Reddy V S *et al*. Nitrate availability under low irradiance and its effect on nitrate reductase activity. *Nes Phytol*, 1981, **88:** 289—297.

〔22〕潘瑞炽, 董愚得. 植物生理学学（第二版）下册, 北京：高等教育出版社, 1984. 94.